



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationale Klassifikation: G 01 I 1/18

Gesuchsnummer: 3830/71

Anmeldungsdatum: 16. März 1971, 15 Uhr

Priorität: Bundesrepublik Deutschland,
20. März 1970
(P 2013454.7)

Patent erteilt: 31. Dezember 1971

Patentschrift veröffentlicht: 15. Februar 1972

M

HAUPTPATENT

August Sauter KG, Ebingen (Bundesrepublik Deutschland)

Integrierter Halbleitergeber

Dipl.-Ing. Jürgen Bretsch, Heidelberg, und Dr. Ing. Eike Mühlenfeld, Karlsruhe-Waldstadt (Bundesrepublik Deutschland),
sind als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft einen integrierten Halbleitergeber zur Kraftmessung.

Es ist bereits eine druckempfindliche Halbleiteranordnung bekannt (deutsches Gebrauchsmuster 6 602 310), bei der ein streifenförmiger Halbleiterkörper zur Umsetzung von auf die Anordnung einwirkenden Druckschwankungen in elektrische Grössen dient. Dabei liegt ein Ende des streifenförmigen Halbleiterkörpers auf einer Unterlage fest auf oder ist aufgespannt, während der übrige Teil des Halbleiterkörpers frei schwebt und an seinem freien Ende vom Druck beaufschlagt wird.

Es ist auch schon eine Anordnung zur Umwandlung mechanischer Auslenkungen in elektrische Signale bekannt (deutsche Patentschrift 1 168 971), bei der ein Halbleiterkörper Verwendung findet, der in seinem mittleren Bereich einen verjüngten Querschnitt aufweist, der im wesentlichen die mechanische Deformation und den elektrischen Widerstand des Halbleiterkörpers bestimmt.

Bei einer bekannten Anordnung zum Erzeugen, Übertragen, Filtern und/oder Verstärken elektrischer Schwingungen (deutsche Patentschrift 1 176 211) findet ein piezoresistiver Halbleiterkörper Verwendung, dem über Kontakte ein Gleichstrom eingeprägt ist, so dass die durch die mechanischen Resonanzschwingungen bedingten Widerstandsänderungen in dem Halbleiterkörper zu entsprechenden Spannungsschwankungen am Halbleiterkörper führen.

Schliesslich ist es bei einer weiteren Anordnung zur Umwandlung mechanischer in elektrische Schwingungen (deutsche Patentschrift 1 213 896) bekannt, je eine piezoresistive Schicht zu beiden Seiten eines Trägers anzubringen, der stabförmig oder auch scheibenförmig ausgebildet sein kann.

Bei Halbleitermaterialien ist bekanntlich die durch Dehnung hervorgerufene Widerstandsänderung wesentlich grösser als bei Metallen. Demgegenüber ist bei Halb-

2

leitern der Temperaturgang des Widerstandes im allgemeinen schlechter als bei Metallen, wie sie üblicherweise bei Dehnungsmessstreifen Anwendung finden. Bei der Auswertung der grossen Widerstandsänderungen von Halbleitern durch eine Brückenschaltung ist die Ausgangsgrösse bei der üblichen Speisung mit konstanter Spannung nur dann linear von der Eingangsgrösse abhängig, wenn der Gesamtwiderstand der entsprechenden Brückenlängszweige konstant bleibt.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen integrierten Halbleitergeber zur Kraftmessung derart auszulegen, dass man eine lineare Abhängigkeit der Ausgangsspannung von der Druckbelastung erhält, wobei gleichzeitig auf gute Kraftverstärkung, Kompensation der Temperatureffekte, grosse Ausgangsspannung sowie geringen Raumbedarf Wert gelegt wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass zum Erhalt einer linearen Ausgangsgrösse und zur Temperaturkompensation im Halbleiterkörper des Gebers 2 n Widerstände derart eindotiert sind, dass bei der Kraftmessung n-Widerstände auf Zug und n-Widerstände auf Druck beansprucht werden.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung veranschaulicht, und zwar zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Seitenansicht des erfindungsgemässen Halbleitergebers, bei dem sowohl Krafteinleitung als auch Widerstandsänderung am gleichen Element stattfinden;

Fig. 2 die Brückenschaltung des Halbleitergebers;

Fig. 3 ein erfindungsgemässes Geberelement bei stark vergrössert angedeuteter Biegebeanspruchung;

Fig. 4 schematische Anordnung des Halbleiterkörpers auf einem mechanischen Träger;

Fig. 5 Modifikation von Fig. 4 durch Verwendung eines weiteren Halbleiterkörpers;

Fig. 6 Anbringung des Halbleiterkörpers in der Mitte des mechanischen Trägers.

Bei den Ausführungsbeispielen der Erfindung wird der Halbleiterkörper vorzugsweise so von einer Kraft beaufschlagt, dass ähnlich wie bei der bekannten Balkenbiegung der obere Rand des Halbleiterkörpers gedehnt und der untere gestaucht wird. In der neutralen Faser des Halbleiterkörpers tritt hierbei weder eine Dehnung noch eine Stauchung auf. In den gleichen Halbleiterkörper eindotiert liegt mindestens je ein Widerstandsstreifen parallel und symmetrisch ober- und unterhalb der neutralen Faser. Neben dieser Halbbrücken-anordnung kann man bei Verwendung von jeweils zwei Widerstandsstreifen parallel und symmetrisch zur neutralen Faser im gleichen Halbleiterkörper eine Vollbrückenschaltung integrieren. Sie soll näher betrachtet werden, entsprechendes gilt dann auch für die geschilderte Halbbrücken-anordnung.

Bei einer Vollbrücken-anordnung liegen jeweils zwei Widerstände oberhalb und zwei Widerstände unterhalb der neutralen Faser des Halbleiterkörpers. Alle über ihr liegenden Teile des Halbleiterkörpers werden bei dessen Druckbeaufschlagung gedehnt, die unter der neutralen Achse liegenden Teile gestaucht. Gleichen Einflüssen sind so auch die Halbleiterkörper eindotierten Widerstände unterworfen. Dehnung und Stauchung beeinflussen dabei den Widerstandswert entgegengesetzt. Ordnet man nun je ein Widerstandselement der aus zwei Widerstandselementen bestehenden Brückenlängszweige der Brückenschaltung oberhalb und unterhalb der neutralen Achse an, so wird in jedem Brückenlängszweig sein Gesamtwiderstand auch bei der Biegebeanspruchung konstant bleiben. Gerade das ist aber die Bedingung für die Linearität der Ausgangsspannung. Mit der erfindungsgemässen Anordnung wird also optimale Linearität in der Beziehung von Druckbeaufschlagung und Ausgangsspannung erreicht.

Gleichzeitig bewirkt die Dehnung und Stauchung der Widerstandselemente ein grosses Ausgangssignal. Die vier Widerstände der Brückenschaltung (bzw. zwei Widerstände bei der Halbbrücken-anordnung) sind überdies auf kleinster Fläche integriert, erfordern so nur einen geringen Raumbedarf und sind gleichzeitig ausgezeichnet temperaturkompensiert. Diese Temperaturkompensation erfolgt auf zweierlei Weise: zum einen wird durch die Integration der Temperaturgang der Halbleiterwiderstände optimal ausgeglichen, zum anderen bewirkt eine thermische Ausdehnung des Halbleitermaterials durch den gleichen Effekt auf alle Widerstände keine fehlerhafte Ausgangsgrösse. Überdies wird durch die Anordnung der Widerstände gewährleistet, dass die übliche Dehnung der Widerstände beim Aufbringen des Halbleiterkörpers z. B. auf einem mechanischen Träger keine Wirkung hat, da alle Widerstände gleich gedehnt werden und diese Wirkung sich somit aufhebt.

Der Halbleiterkörper selbst kann sowohl zur Umsetzung der Kraft in eine Deformation als auch zur Umsetzung der Deformation in eine Widerstandsänderung verwendet werden. Weiterhin können ein oder mehrere Halbleiterkörper auf einen mechanischen Träger aufgebracht werden, die durch später beschriebene Massnahmen dafür sorgen, dass die gesamte Deformation im Halbleiterkörper selbst auftritt.

Die lineare Beziehung zwischen Druckbeaufschlagung und Ausgangsspannung wird im übrigen nur dann unter allen Umständen konstant gehalten werden kön-

nen, wenn die Einleitung der Kraft an einem genau definierten, festen Punkt erfolgt. Deshalb wird für den mechanischen Träger mit Vorteil ein Material gewählt, das einen besonders niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist. Dieser wird vorzugsweise in der Grössenordnung des Materials des Halbleiterkörpers gewählt. Besteht dieser aus Silizium, so wird vorzugsweise für den Biegebalken ein Material gewählt, das einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von $2,7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ besitzt. Dies ist auch deshalb besonders vorteilhaft, weil ein Befestigen des Halbleiterkörpers am Träger bei gleichzeitiger Erwärmung, wie es z. B. beim Auflegen des Halbleiterkörpers an den Träger der Fall ist, nur geringe Vorspannungen im Halbleitermaterial erzeugt.

Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemässen Halbleitergeber. Dargestellt ist hier die Version der integrierten Vollbrücke mit den Widerstandsbahnen R_1 , R_2 , R_3 und R_4 . Die gleichen Überlegungen gelten sinngemäss auch für eine Halbbrücken-anordnung, bei der auf dem Halbleiterkörper dann nur zwei Widerstände (z. B. R_1 und R_2) miteinander durch eine Leiterbahn verbunden sind. Der dargestellte Halbleiterkörper 2 ist an einem Ende auf einer festen Unterlage befestigt und wird an seinem freien Ende von einer Kraft K beaufschlagt. Der Halbleiterkörper 2 dient hierbei sowohl zur Umsetzung der Kraft in eine Deformation als auch zur Umsetzung der Deformation in eine Widerstandsänderung. Betrachtet man z. B. die dargestellte Vollbrücken-anordnung, so liegen die vier streifenförmigen Widerstandsbahnen R_1 , R_2 , R_3 und R_4 symmetrisch und parallel zur Biegelinie 3 (neutrale Faser) des Halbleiterkörpers 2. Sie werden auf dem Halbleiterkörper vorzugsweise seitlich angeordnet und sind durch die Leiterbahnen 1 zu einer Vollbrücke geschaltet. Die Brückenanschlüsse liegen an den Leiterbahnen. Die Brückenausgangsspannung ist dann linear, wenn der Gesamtwiderstand eines Brückenlängszweiges konstant bleibt, d. h. wenn im oberen Längszweig die Summe der Widerstände R_1 und R_2 und im unteren Längszweig die Summe der Widerstände R_3 und R_4 für alle Dehnungen konstant bleibt. Die Anordnung nach Fig. 1 erfüllt diese Forderungen. Die beiden Brückenwiderstände R_1 und R_3 liegen dabei oberhalb, die Widerstände R_2 und R_4 unterhalb der neutralen Achse. Greift am freien Ende des Trägers eine Kraft K an, so werden die beiden oberen Widerstandsstreifen gedehnt und die unteren gestaucht. Dadurch werden die Widerstandswerte der Widerstände R_1 und R_3 grösser, die Widerstandswerte der Widerstände R_2 und R_4 kleiner. In Fig. 2 ist das durch die Plus- und Minus-Zeichen schematisch angedeutet. In Fig. 3 sind die Dehnungs- bzw. Stauchungsverhältnisse zu erkennen.

Es ist auch möglich, den Halbleiterkörper nur zum Umsetzen der Deformation in eine Widerstandsänderung und nicht auch zum Aufbringen der Kraft selbst zu verwenden. Fig. 4 zeigt eine Anordnung, bei der vorzugsweise ein dünnes Halbleiterplättchen 2, auf das in geschilderter Weise die Brückenwiderstände und Leiterbahnen aufgebracht sind, parallel und symmetrisch zur Biegelinie 3 eines mechanischen Trägers 5 aufgebracht ist. Die Kraft greift nun an diesem mechanischen Träger an. An der Stelle grösster Dehnung weist der mechanische Träger von seiner Ober- und Unterseite in symmetrischer Anordnung ausgehende Einschnitte 4 bzw. 4' auf, so dass nur noch der schmale Steg 6 stehenbleibt. Die Gesamtdéhnung erfolgt somit im wesentlichen im

Halbleiterplättchen 2, dessen Widerstandsbahnen R_1 , R_2 , R_3 und R_4 (bzw. nur zwei Widerstände bei der entsprechenden Halbbrückenordnung) genau im Einschnitt 4 bzw. 4' liegen.

Fig. 5 zeigt in der Endansicht die Anordnung eines dem Halbleiterplättchen 2 gegenüber angeordneten zweiten Halbleiterplättchens 2'. Dieses kann nach Belieben dotiert oder auch nicht dotiert gewählt werden. Es kann sich dabei um jeweils eine Voll- als auch eine Halbbrückenordnung handeln.

Bei einer weiteren Anordnung nach Fig. 6 wird das Halbleiterplättchen 2 in der Mitte des mechanischen Trägers 5 und 5' eingefügt. Die beiden Stege 6 bzw. 6' sorgen für eine Querstabilisierung der Anordnung.

PATENTANSPRUCH

Integrierter Halbleitergeber zur Kraftmessung, dadurch gekennzeichnet, dass zum Erhalt einer linearen Ausgangsgrösse und zur Temperaturkompensation im Halbleiterkörper (2) des Gebers 2 n-Widerstände (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) derart eindotiert sind, dass bei der Kraftmessung n-Widerstände auf Zug und n-Widerstände auf Druck beansprucht werden.

UNTERANSPRÜCHE

1. Halbleitergeber nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstände zu einer Vollbrückenordnung geschaltet sind.

2. Halbleitergeber nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Halbleiterkörper (2) selbst sowohl zur Umsetzung der Kraft in eine Deformation als auch zur Umsetzung der Deformation in eine Widerstandsänderung dient (Fig. 1).

3. Halbleitergeber nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Halbleiterkörper (2) auf einem mechanischen Träger (5) aufgebracht ist (Fig. 4).

4. Halbleitergeber nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der auf dem mechanischen Träger (5) aufgebrachte Halbleiterkörper (2) aus einer dünnen Scheibe besteht.

5. Halbleitergeber nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die in den Halbleiterkörper (2) eindotierten Widerstände (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) gleiche Richtung haben und parallel und symmetrisch zur Biegelinie (3) des Halbleiterkörpers verlaufen.

6. Halbleitergeber nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der mechanische Träger (5) in der Mitte, von seiner Ober- und Unterseite in symmetrischer Anordnung ausgehende Einschnitte (4, 4') an der Stelle grösster Dehnung aufweist, zwischen denen sich die Widerstandsbahnen des Halbleiterkörpers befinden.

7. Halbleitergeber nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Halbleiterkörper in Form eines Halbleiterplättchens (2) seitlich am mechanischen Träger (5) angebracht ist (Fig. 4).

8. Halbleitergeber nach Unteranspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass auf der dem Halbleiterplättchen (2) gegenüberliegenden zweiten Seitenfläche des mechanischen Trägers (5) ein weiteres Halbleiterplättchen (2') angeordnet ist (Fig. 5).

9. Halbleitergeber nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterplättchen (2) in der Mitte des mechanischen Trägers (5) eingefügt ist (Fig. 6).

10. Halbleitergeber nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der mechanische Träger (5) aus einem Werkstoff besteht, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient mindestens angenähert gleich dem des Halbleitermaterials des Halbleiterkörpers ist.

August Sauter KG

Vertreter: Walter F. Sax, Oberengstringen

